

PAT-NO: JP410102621A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10102621 A
TITLE: RESONANCE SOUND ABSORBING MECHANISM

PUBN-DATE: April 21, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MURAKAMI, KAZUTOMO	
TSUKADA, SUSUMU	
INABA, KENJI	
TAKESHITA, MICHITAKA	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BRIDGESTONE CORP	N/A

APPL-NO: JP08274188

APPL-DATE: September 25, 1996

INT-CL (IPC): E04 B 001/86 , G10 K 011/16

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To change and adjust the target frequency to reduce sound in response to the frequency of indoor standing wave by making changeable at least one of the volume of cavity portion of resonance sound absorbing mechanism, length of air passage of neck portion and the cross sectional area of an opening at the neck portion.

SOLUTION: A resonator 1 as a resonance sound absorbing mechanism is constituted with a hollow cylindrical body 2, a neck portion 3 having an opening portion 5 directed outwardly and communicating with an opening hole at one of side ends, and a changing mechanism 4. Resonance of a resonator 1 is a resonance phenomenon by the mass of air existing at the neck portion 3 and air spring component at the cavity portion of a cylindrical body 2. And the standing wave can be effectively reduced by tuning the standing wave generating the resonance sound absorbing frequency of the resonator 1. At the changing mechanism 4, the

partition board 41 is moved, the volume at the side of neck portion 3 is made variable, and the length and inner diameter of the neck portion 3 are made variable thereby tuning to the resonance sound absorbing frequency of the standing wave. In this way, the sound absorbing frequency band can be changed and adjusted in alignment to the individual indoor situation and furniture layout.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-102621

(43)公開日 平成10年(1998)4月21日

(51)Int.Cl.^a

E 04 B 1/86
G 10 K 11/16

識別記号

F I

E 04 B 1/86
G 10 K 11/16

K
F

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平8-274188

(22)出願日 平成8年(1996)9月25日

(71)出願人 000005278

株式会社ブリヂストン
東京都中央区京橋1丁目10番1号

(72)発明者 村上 和朋

神奈川県横浜市港南区笹下2-14-13

(72)発明者 塚田 将

神奈川県横浜市戸塚区柏尾町150-7

(72)発明者 稲葉 健司

神奈川県茅ヶ崎市西久保966

(72)発明者 竹下 道孝

東京都小金井市中町3-18-15

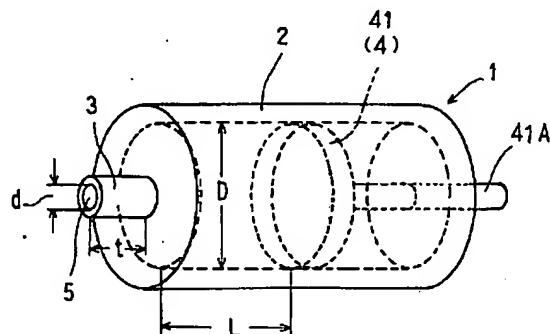
(74)代理人 弁理士 増田 竹夫

(54)【発明の名称】 共鳴吸音機構

(57)【要約】 (修正有)

【解決手段】 本体2の空洞部分の体積、首部3の通気路の長さ、開口部4の断面積のうち、少なくとも一つを変更可能とする可変構造を有する。

【効果】 個々の室内の状態に合わせて微妙に変化する定在波の周波数に応じてきめ細かく低減(吸音)対象周波数を変更・調整することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の体積を有する本体部と、この本体部の空洞部に連通・する通気路を画成するとともに本体部に連結する首部と、この首部の外部に向けて開口する開口部とを備え、前記首部の通気路に存在する空気の質量と前記空洞部分の空気のばね成分による共鳴現象を利用し、設置する室内で発生する定在波等の低周波数騒音を低減・吸収する共鳴吸音機構であって、前記空洞部分の体積、首部の通気路の長さ、開口部断面積のうち、少なくとも一つを変更可能とする可変構造を有することを特徴とする共鳴吸音機構。

【請求項2】 首部及び／又は空洞部分に減衰機能を有することを特徴とする請求項1に記載の共鳴吸音機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、RC構造のマンション等の集合住宅、体育館、事務所ビル、学校の教室等において、床衝撃音等の低減・吸収することができる共鳴吸音機構に関するものである。

【0002】

【從来の技術】從来の吸音機構としては、床や天井等に吸音材などを配設し、騒音の発生それ自体を抑制しようとしていた。

【0003】また、これとは別に、ある特定周波数の低減（吸音）のために、レゾネータが開発され使用されている。このレゾネータを形成する場合には、あらかじめ低減（吸音）対象周波数を特定し、この低減（吸音）対象周波数に合わせて各種寸法などを予め理論的に計算で求めたのち、具体的に形成される。

【0004】また、他からの音や振動で誘起されて発生する固有の低周波数帯域の騒音、即ち定在波を低減（吸音）する場合には、設置する部屋の広さ等に応じて生じる定在波の固有波長（λ）を計算することができるから、その波長（λ）に合わせた最適なレゾネータが形成できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、次のような問題を有している。

①室内定在波の低減を図ろうとした場合、既に設置する部屋が存在し、低減対象の定在波周波数が精度よく把握されていればよいが、設置対象の部屋が未だ設計段階で、図面上から定在波周波数を予測し、レゾネータを設計した場合には、設置現場の状況（柱、梁、ドア等の入り方）により、予測した周波数がずれてしまい、レゾネータの効果がでない場合がある。

【0006】②通常、部屋は、初期には空の状態だが、人が住むようになると、家具などがおかれ、室内空間の状態が変化し、定在波の周波数がずれた場合、レゾネータの効果が失われてしまう場合がある。

【0007】③騒音源の変化（例えば、騒音源となって

いる機械、設備等が交換された場合など）、設置環境の変化（例えば、室内の棚、家具等の設置環境の変化など）等による低減対象騒音の周波数がずれた場合、レゾネータの効果失われてしまう場合がある。即ちこれは、従来のレゾネータでは、一度設計（設定）された共振周波数は固定されているため、変更することが困難である。

【0008】④レゾネータは、首部の空気質量と空洞内空気の共振現象を利用していているため、吸音効果の生じる周波数帯域が非常に狭く、そのため例えば騒音源となっている回転機械等の回転変動により生じる騒音周波数の変動が大きいと、レゾネータの効果は大きく減少する。

【0009】⑤レゾネータの共鳴周波数は、理論式により求められるが、この式は、理想的条件（形状、寸法、材質など）の場合の式であり、実際に制作すると、寸法誤差などのため、または、単純な形状でない場合に、共鳴周波数が理論値からずれる場合がある。

【0010】そこで、この発明は、上記した事情に鑑み、個々の室内の状態に合わせて微妙に変化する定在波の周波数に応じてきめ細かく低減（吸音）対象周波数を変更・調整することができる共鳴吸音機構を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】即ち、この請求項1に記載の発明は、中空形状の空洞部分を有する本体部と、この本体部に連通・連結され外部に向けて開口する通気路を設けた首部とを備え、前記首部の通気路に存在する空気の質量と前記空洞部分の空気のばね成分による共鳴現象を利用し、設置する室内で発生する定在波を低減・吸収する共鳴吸音機構であって、前記空洞部分の体積、首部の通気路の長さ、首部の開口部断面積のうち、少なくとも一つを変更可能とする可変構造を有するものである。

【0012】また、この請求項2に記載の発明は、首部及び／又は空洞部分に減衰機能を有するものである。

【0013】

【発明の実施の形態】まず、この定在波についてこの出願に係る発明者によって詳しく検討・解析をしてみたところ、次のような知見が得られた。

【0014】そもそもこの室内定在波とは、残響室では発生せず、実際の部屋のような、密閉された空間で、壁と壁（または、天井と床）がほぼ平行に向かい合っているような場合に、必ず発生するものである。この定在波は、例えば図1に示すように向かい合った壁と壁、または、天井の床との間で音が反射しあい発生するもので、部屋の中央部では音圧が最低（空気の粒子速度は最高）、部屋の端部では音圧が最高（空気の粒子速度は最低）となる。このため、通常、定在波が発生する周波数帯域では、部屋の中央部と端では重量源床衝撃音は10 dB以上の差がでてしまい、部屋全体の音圧レベルも定在

波が発生しない周波数帯域に比べて高くなってしまうことになる。

【0015】図1を見てわかるように、平行する面の距離しがちょうど $1/2$ 波長($1/2\lambda$)となる周波数(F)で定在波が発生することになる。ここで、平行面の距離をL、音速をCとすると、

$$C = \lambda \cdot F$$

*となるから、この定在波の周波数Fは、

$$F = C / 2L \quad \dots (1)$$

であり、これは1次元のみを考えた場合の1次モードの振動を行う定在波である。

【0016】これを図2に示す3次元空間に拡張すると、次に(2)式のようになる。

$$F_r = (C/2) \cdot [(n_x/L_x)^2 + (n_y/L_y)^2 + (n_z/L_z)^2]^{1/2} \dots (2)$$

[ここで、 n_x , n_y , n_z は自然数であってモード次数、即ちモードの節の数を示す]

実際には、1次の定在波の音圧が最も大きくなり、重量※

$$\begin{aligned} F_1 &= (C/2) \cdot (1/L_1) \\ F_2 &= (C/2) \cdot (1/L_2) \\ F_3 &= (C/2) \cdot (1/L_3) \end{aligned} \dots (3)$$

【0017】一般的な部屋について概算し、定在波の発生する周波数を求めると、表1のようになる。

★【0018】
★【表1】

		水平方向		高さ
4.5帖	寸法(m)	2.7	2.7	2.3~2.6
	共振周波数(Hz)	63.7	63.7	74.8~66.2
6帖	寸法(m)	2.7	3.6	"
	共振周波数(Hz)	63.7	47.8	
8帖	寸法(m)	3.6	3.6	"
	共振周波数(Hz)	47.8	47.8	
10帖	寸法(m)	3.6	4.5	"
	共振周波数(Hz)	47.8	(38.2)	

【0019】表1よりわかるように、定在波の発生する周波数については、ほとんどがJIS評価の63Hzオクターブバンド(45Hz~90Hz)内にはいっていることがわかる。さらにほとんどの場合は、重量源床衝撃音で最もL値が高く、問題となる周波数バンドがこの63Hzであることから、室内定在波を低減しなければ、重量源床衝撃音の評価レベル(L値)は改善できることになる。

【0020】そこで、以下にこの発明に係る実施例について説明する。図3は、この発明に係る共鳴吸音機構を示すものであり、共鳴吸音周波数の変更機構4を備えたレゾネータ1で構成されており、床衝撃により発生する室内定在波を低減・吸収できるようになっている。

【0021】この実施例のレゾネータ1は、適宜の合成樹脂で形成した大略中空円筒体2(内径D、長さL)で構成されており、一方側端面には開口孔を設け、そこに外部に向けて開口した開口部5を有する首部(内径d、長さt)3が連通するように取付けた。

☆【0022】このレゾネータ1の変更機構4は、内周面に沿ってスライド可能な仕切板41で構成されており、シャフト41Aによって仕切板41のスライド動作を行い首部3側の体積を変更させ、定在波との共鳴吸音周波数をチューニングできるようになっている。

【0023】なお、この共鳴吸音周波数の変更機構である仕切板41のスライド方法としては、シャフト41Aを用いる他に、例えば図4に示すようなねじ孔2Aに螺合する雄ねじが切られたシャフト41Bを使用してもよい。また、この他の共鳴吸音周波数の変更機構としては、例えば図5に示す角筒体21を仕切板42で仕切ることにより、首部31側の角筒体21の体積Vを変更させるものでもよい。

【0024】また、このレゾネータとして、この実施例のような樹脂材料で形成するもの以外に、例えば各種の金属、セラミックス、その他のものが適用可能であり、要は空気等の通気性のないものであればよい。なお、弹性率、密度等については特に制限はない。さらに、この

レゾネータの形状としては、円筒形、角筒形に限るものではなく、例えば円錐形、円錐台形、球形等、種々の形状（例えば図6など複雑な形状でもよい）が可能である。また、この実施例では首部を1箇所設けてあるが、特にこれに限るものではなく、2箇所以上でもよい。

【0025】次に、この実施例に係るレゾネータの原理について説明する。この実施例に係るレゾネータは、変更機構を用いて共鳴吸音周波数を正確に（微）調整することにより、発生する室内定在波を低減・吸収できるよ*

$$F_0 = (C / 2\pi) \cdot [S/V(t + 0.8d)]^{1/2} \quad \dots \quad (4)$$

（ただし、d：連通路の内径）で一義的に計算されるから、この周波数 F_0 を前述の式（3）で求まる定在波に正しくチューニング（同調）することにより、定在波を効果的に低減できることがわかる。

【0027】一方、3次元の定在波を1次モードのみ全て改善するためには、(3)式、(4)式より3種類のレゾネータ (F_{0x} , F_{0y} , F_{0z}) を用意する必要がある。またレゾネータの吸音周波数 F_0 の調整のためには、(4)式でわかるように、V, t, S (又はd) のパラメータのうち少なくともどれか1要素以上を可変にしておけばよいことが分かる。従って、実際の設置場所での定在波周波数が設置する現場によっては(3)式等の見積りからずれる場合、V, t, S (又はd) を変更すればよい。なおレゾネータの吸音周波数 F_0 の見積りには、上式(4)以外に、FEM（有限要素法）、BEM（境界要素法）等の数値解析による方法もあり、より複雑な形状に対応可能であるが、実験値と対応づけたデータベースの蓄積が必要となる。

【0028】そこで、この実施例では、空洞部の体積Vを変更させるように構成してある。なお、レゾネータの吸音効果は、V、Sが大きい程大きくなるが、レゾネータの内部の一辺が低減したい周波数の波長 (λ) の1/4以上となると、レゾネータ内で別の共鳴現象が起こり、逆にレゾネータから発音してしまう恐れがある。※

$$\left. \begin{array}{l} L = \text{約} 0.76 \text{m}, \\ t = 0.014 \text{m}, \\ V = \text{約} 0.054 \text{m}^3 \end{array} \right\} F_0 = \text{約} 4.7 \text{Hz}$$

のような図3に示したレゾネータを用いた。ここで、体積Vを可変とし、実際の部屋の定在波周波数に微調整を行った。

【0032】図10に示すバングマシン5にて、3階床の5点を加振し、その時の騒音を、2階5点でそれぞれ計測し、平均としたときのデータを求めた。部屋の寸法は、6帖相当で約3.6×2.7m、高さ2.4mである。スラブ=150mm厚、各方向の定在波を概算すると(3)式より、

$$L_x (3.6 \text{m}) = C / 2L_x \approx 4.7 \text{Hz}$$

$$L_y (2.7 \text{m}) = C / 2L_y \approx 6.3 \text{Hz}$$

$$L_z (2.4 \text{m}) = C / 2L_z \approx 7.1 \text{Hz}$$

となる。この部屋の床衝撃音を計測してみると、特にX★50

* うになっているが、レゾネータの共鳴とは、図7において、機械系におけるばね-マス系の共振現象と同様に、首部33での空気の質量 $S \cdot t \cdot \rho$ (機械系のマスMに相当) と、空洞内の空気のばね成分 $\rho \cdot C^2 \cdot S/V$ (機械系ばねKに相当) による共鳴現象のことをいう。ここで、Sは開口部の面積、tは首部長さ、ρは空気の密度、Cは空気中の音速、Vは空洞部の体積である。

【0026】一般に図7における(4)式、即ちレゾネータの共鳴吸音周波数 (F_0) は

※で、レゾネータの最長辺の長さを (L_{max}) とすると、次式を満たす必要がある。

$$L_{max} \leq (1/4) \lambda = (1/4) C/F_0 \quad \dots \quad (5)$$

【0029】例えば人間の最低可聴周波数20Hzを考えると、

$$L_{max} \leq (1/4) (340/20) = 4.25 \text{m}$$

よって、実用上は、レゾネータの各辺(長さ)寸法は4.25m以下とする必要がある。また、レゾネータの配置(設置)については、図8のように、部屋の一方

20 について、レゾネータの位置を1~4まで変えて改善量をプロットすると図9のようになつた。

【0030】部屋の定在波低減のためには、定在波の音圧が高い部分にレゾネータを配置する程大きな効果が得られることがわかった。実際には、理想的な位置、部屋のはじ、すみに設置できない場合は、改善量が少なくなるが、その分、レゾネータの個数を増やす、またはV、Sを増加し、レゾネータ自体の吸音力を増加させる等で対応することが可能である。

【0031】次に、この実施例に係るレゾネータ1を設置場合に合わせた最適体積Vに調整して4階建の集合住宅の3階に配置しておき、JIS A1418にのつたり、2, 3階を使用して、タイヤ落下評価実験を行なつた。なお、このときのレゾネータ1については、

$$\left. \begin{array}{l} D = 0.3 \text{m} \\ d = 0.054 \text{m} \\ F_0 = \text{約} 4.7 \text{Hz} \end{array} \right\}$$

★方向の定在波による騒音が最もレベルが大きいことがわかった。これは、部屋のドアや窓の配置の影響と考えられる。そこで、ここではX方向についての実験を行つた。実際の部屋の定在波は、音の計測より、4.6Hzと、上記(3)式からの概算値4.7Hzからずれていたが、レゾネータの体積V(実際には、図3の仕切板41を動かして調整した)を変え、4.6Hzに調整したレゾネータを用いた。

(1) オクターブバンド分析結果については、共鳴吸音機構を備えていない場合に比べ、図11に示すように、6.3Hzバンドで4dBの改善、すなわち、遮音等級(L値)が1ランクアップした。

(2) 狹帯域スペクトル分析結果については、共鳴吸音機

構を備えていない場合に比べ、図12に示すように、4 6Hzのピーク値において約10dB程度の低減が見られた。

(3) 時系列波形分析結果については、共鳴吸音機構を備えていない場合に比べ、図13に示すように、減衰時間が大幅に低減した。なお、(2)、(3)については、中央マイク以外のマイクから計測された結果である。

【0033】また、この実施例では、体積Vの変更・調整を行う構成としてあるが、これ以外に例えば図14に示すように、首部3にキャップ3Aをスライド可能に装着させたり、図15に示すようにねじを切った首部3Bとキャップ3Cとを螺合させ、それぞれスライドさせたり回転させて、首部3の長さ₇を可変構造としてもよい。同様に、首部を蛇腹状として伸縮性を付与する構造としてもよい。また、図16に示すように、首部3に、内径寸法dの異なるキャップ3D～3Fを選択的にセットさせて首部3の内径dを変更させてもよい。

【0034】さらに、図17及び図18に示すように、カメラのシャッタの絞りのような構造として、内径寸法dを変更させてもよい。さらに、これらレゾネータの体積V、首部（通気路）の長さ₇、首部の通気路の開口断面積Sのいずれか2つ若しくは全てを可変構造としてもよい。

【0035】さらに、首部の連通路内壁面に空気抵抗材を組み込んで（例えば貼着する）、空気抵抗による減衰機能を付与したり、首部開口端面に通気性のある綿、ガーゼ、ウレタン、布、メッシュ材などを取り付けるなどとして、同様に減衰機能を付与するのもよい。さらにこの他に、レゾネータの空洞部分に水等の液体、粘度等の固体、砂等の粒体を収容させて体積Vの変更・調整を行う構成としてもよい。

【0036】次に、この発明にかかる他の実施例の共鳴吸音機構について説明する。図19は、この発明にかかる共鳴吸音機構を示すものであり、この共鳴吸音機構は、適宜の部材や部位（例えば、ドア、壁、柱、家具、室内具、梁、床、その他の建物の内外のいずれのものでも可能）に形成されており、空洞部分を有する本体部20と、この本体部20に連通する通気路を設けた首部30と、首部30の外部にむけて開口する開口部50と、共鳴吸音周波数の変更機構（図略）とを備えている。なお、この変更機構としては、先の実施例のもののいずれであってもよい。

【0037】

【発明の効果】以上説明してきたように、この発明によれば、共鳴吸音機構の空洞部分の体積、首部の通気路の

長さ、首部の開口部断面積のうち、少なくとも一つを変更可能とする可変構造としたから、例えば設置場所の大きさに合わせて計算（理論）上定められている吸音周波数帯域を、設置する個々の室内の状況（例えば実際の梁や柱等の寸法にずれ等）や家具の配置等に合わせて最適値にきめ細かく変更・調整することができるようになり、延いては高品質の共鳴吸音機構を提供することができる。さらに、最良な吸音周波数帯域は一定に維持させたまま、設置する場所のスペースに合わせて部分的な寸法の変更調節を行うことも可能である。

【0038】さらに、この請求項2に記載の発明によれば、共鳴吸音機構に減衰機能を付与してあるから、本質的には極く狭い範囲のみをカバーしている吸音周波数帯域を拡大させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】定在波を示す説明図。

【図2】3次元的に定在波を説明するための説明図。

【図3】この発明にかかる共鳴吸音機構を示す概略斜視図。

【図4】同機構の変形例を示す要部断面図。

【図5】他の共鳴吸音機構を示す斜視図。

【図6】さらに他の共鳴吸音機構を示す斜視図。

【図7】この発明の共鳴吸音機構を説明する原理図。

【図8】共鳴吸音機構の配置状態を示す説明図。

【図9】定在波の低減についての改善量を示すグラフ。

【図10】タイヤ落下評価実験を示す説明図。

【図11】オクターブバンド分析結果を示すグラフ。

【図12】狭帯域スペクトルの分析結果を示すグラフ。

【図13】時系列波形の分析結果を示すグラフ。

【図14】共鳴吸音周波数の変更機構を示す要部断面図。

【図15】変更機構の変形例を示す要部断面図。

【図16】変更機構の他の変形例を示す断面図。

【図17】変更機構のさらに他の変形例を示す概略斜視図。

【図18】図17の変更機構を絞った状態を示すが概略斜視図。

【図19】この発明に係る他の共鳴吸音機構を示す概略断面図。

【符号の説明】

1 共鳴吸音機構（レゾネータ）

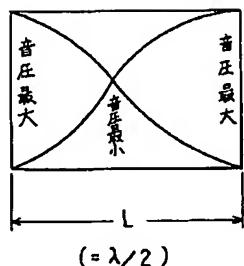
2, 20, 21, 22 本体部

3, 30, 31, 32 首部

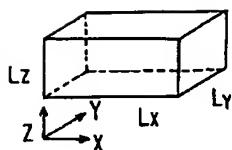
4, 40 変更機構

5, 50 開口部

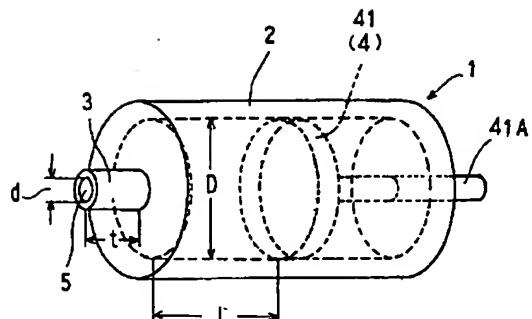
【図1】



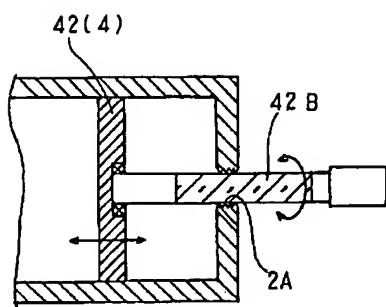
【図2】



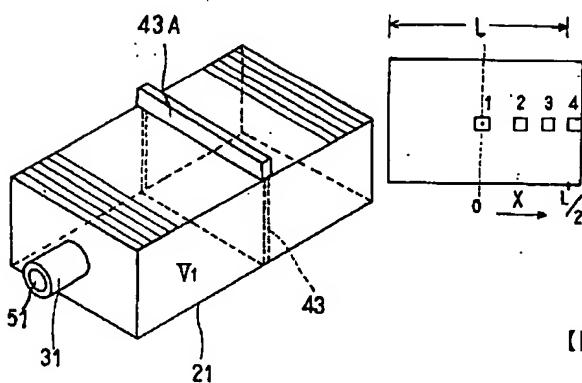
【図3】



【図4】



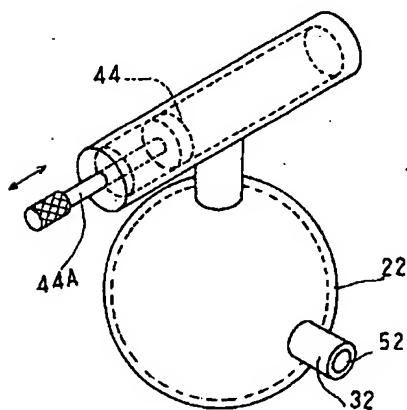
【図5】



【図8】



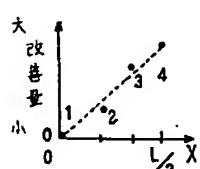
【図6】



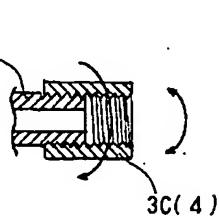
【図7】

モデル	リード-オフ	機械系(ばね-マス)
	音圧 V 面積:S 内径:d	外力 M K
共振周波数	$F_0 = (C/2\pi)[S/V(t+0.8d)]^{1/2}$ (4)	$F_0 = (1/2\pi)[K/M]^{1/2}$

【図9】



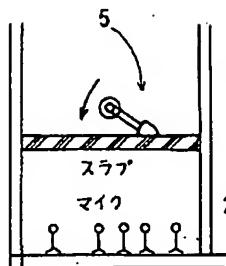
【図15】



【図17】

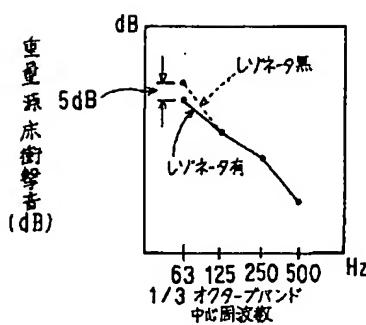


【図10】

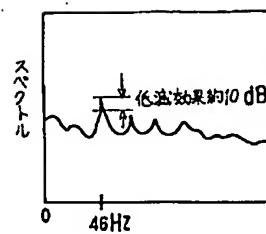


【図14】

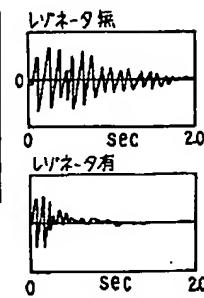
【図11】



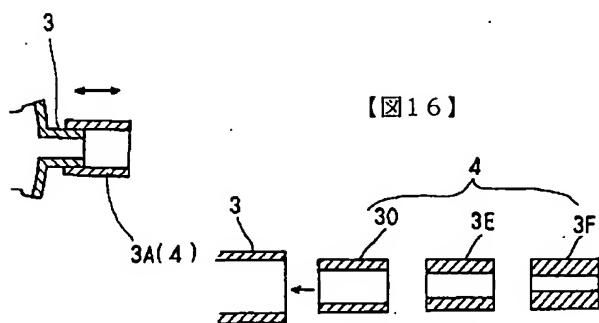
【図12】



【図13】



【図16】



【図19】

